



PCT/FR 2004/050694

REC'D 25 FEB 2005

WIPO

PCT

# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 26 JAN. 2005

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

**DOCUMENT DE PRIORITÉ**

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 e W / 210502

REMISE DES PIÈCES DATE <b>23 DEC 2003</b> LIEU <b>75 INPI PARIS 34 SP</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>23 DEC. 2003</b>		NOM ET ADRESSE DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE CABINET JOLLY 54, Rue de Clichy 75009 PARIS	
Vos références pour ce dossier (facultatif) 44613/70/BL/CHS			
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> Procédé de détermination en temps réel de la masse de particules présente dans un filtre à particules de véhicule automobile.			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		RENAULT SAS	
Prénoms			
Forme juridique		SOCIETE PAR ACTIONS SIMPLIFIEE	
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		_____	
Domicile ou siège	Rue	13-15, Quai Le Gallo	
	Code postal et ville	91210 BOULOGNE-BILLANCOURT	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES  
DATE 75 INPI PARIS 34 SP  
LIEU 0315259  
N° D'ENREGISTREMENT  
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 210502

<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b>		
Nom		
Prénom		
Cabinet ou Société		CABINET JOLLY
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		
Adresse	Rue	54, Rue de Clichy
	Code postal et ville	75 010 PARIS
	Pays	FRANCE
N° de téléphone (facultatif)		
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		
<b>7 INVENTEUR(S)</b>		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG <input type="text"/>
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		
<b>11 SIGNATURE DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>
 Jean-Pierre JOLLY C.P.I N° 92.1122		

PROCEDE DE DETERMINATION EN TEMPS REEL DE LA MASSE DE  
PARTICULES PRESENTE DANS UN FILTRE A PARTICULES DE  
VEHICULE AUTOMOBILE

5 L'invention concerne un procédé de détermination en temps réel de la masse de particules présente dans un filtre à particules pour le moteur à combustion d'un véhicule automobile.

L'invention concerne également l'utilisation de ce procédé dans un  
procédé de gestion pour un moteur, notamment les moteurs  
10 fonctionnant en mélange pauvre.

En effet, l'hétérogénéité des processus de combustion dans les  
moteurs fonctionnant en mélange pauvre a pour effet de générer des  
particules de carbone qui ne peuvent être brûlées efficacement par le  
moteur. Cela se traduit par l'apparition à l'échappement de fumées  
15 noires, caractéristiques de ce type de moteur, en particulier lors des  
phases de démarrage et lors des fortes accélérations. Le respect des  
futures normes législatives impose la mise en œuvre de systèmes de  
dépollution permettant d'éliminer en totalité les particules ainsi que les  
oxydes d'azote.

20 Actuellement, on dispose, à cet effet, d'un élément semi-poreux  
formant un filtre à particules dans la ligne d'échappement, qui permet  
le passage des composés gazeux tout en retenant les composés  
particulaires. Dans les moteurs Diesel, les fumées constituent l'élément  
de base de ces composés particuliers.

25 Cependant, lorsque le filtre est jugé plein, il est nécessaire  
d'effectuer une purge afin de le régénérer. Ainsi, chaque phase de  
rétention des particules doit être suivie d'une phase de régénération au  
cours de laquelle les composés retenus sont éliminés en éléments non  
polluants (dioxyde de carbone et eau). Une nouvelle phase  
30 d'accumulation des composés particuliers peut alors commencer.

Ces particules sont habituellement éliminées par combustion à  
une température d'environ 600°C. Cependant, les gaz d'échappement de  
ces moteurs atteignent rarement une telle température en  
fonctionnement normal : il est nécessaire d'augmenter spécifiquement  
35 la température lors de la phase de régénération.

Les moyens couramment utilisés passent par la création d'un  
environnement gazeux chauffé à une température d'environ 600°C.

Cette opération permet de favoriser l'auto-inflammation des particules de carbone retenues dans le filtre. Ces dernières se consomment alors en dégageant de l'énergie, qui en fonction des conditions peut être pondéralement transmise au lit de particules dans le filtre, aux divers éléments constitutifs du système de dépollution (filtre à particules, boîte et enveloppe de maintien, tuyaux, etc...), ou bien véhiculée par le flux de gaz émanant du moteur.

Il est donc important de connaître à chaque instant la masse de particules contenues dans le filtre, en particulier à l'issue d'une régénération, de manière à optimiser la gestion du déroulement des phases de régénération et à contrôler l'intégrité du filtre. En effet, la combustion d'une quantité trop importante de particules peut provoquer une dégradation ou destruction du filtre en raison de la forte exothermicité de cette réaction.

En général, la masse de particules présente dans le filtre est estimée à partir de la mesure de la perte de charge engendrée par le filtre, tel que décrit par exemple dans le document FR-2 774 421. La masse ainsi estimée ne présente toutefois pas toujours une précision suffisante, de sorte que le filtre peut subir des dégradations.

Le document FR-2 657 649 présente, pour différentes conditions de fonctionnement, différentes stratégies de régénération et de pilotage de la régénération. Plus précisément, ce document propose d'utiliser un estimateur de masse de particules contenues dans le filtre pour la mise en œuvre ou l'arrêt des différentes stratégies de régénération utilisées en fonction du régime et de la charge de fonctionnement du moteur. L'estimation de la masse de particules contenue dans le filtre est déterminée en utilisant une différence entre la masse de particules entrant dans le filtre provenant des émissions du moteur et la masse de particules consommée par la combustion des particules dans le filtre. Ces masses sont déterminées directement à partir de cartographies en fonction des paramètres de fonctionnement du moteur, de sorte qu'elles ne présentent pas non plus toujours une précision suffisante pour éviter une dégradation du filtre.

L'invention vise à pallier ces inconvénients en proposant un procédé de détermination en temps réel de la masse de particules présente dans un filtre à particules, qui permet d'obtenir une amélioration de la précision du calcul de la masse.

Le procédé selon l'invention présente en outre l'avantage de ne nécessiter qu'un capteur de température en entrée du filtre, qui ne sera donc pas détérioré au cas où la combustion des particules serait tout de même trop exothermique.

5 A cet effet, l'objet de l'invention concerne un procédé de détermination en temps réel de la masse de particules présente dans un filtre à particules équipant la ligne d'échappement d'un moteur à combustion interne, caractérisé en ce que l'on répète à des intervalles de temps  $\Delta t$  déterminés la suite d'opérations suivante :

10 (i) on mesure à l'instant  $t$  la température  $T(t)$  des gaz d'échappement à l'entrée du filtre à particules en utilisant un capteur de température,

(ii) on mesure à l'instant  $t$  des paramètres de fonctionnement du moteur au moyen de capteurs,

15 (iii) on relève à l'instant  $t$ , en fonction des paramètres de fonctionnement du moteur, sur des tables pré-établies, les valeurs des paramètres suivants : concentration en oxygène  $[O_2(t)]$  et concentration en oxydes d'azote  $[NO_x(t)]$  des gaz d'échappement entrant dans le filtre à particules, la vitesse d'émission de particules du moteur  $F(t)$ ,

20 (iv) on calcule, en utilisant les lois de cinétique des réactions chimiques de combustion des particules, à l'instant  $t$ , la vitesse de combustion  $V(t)$  des particules dans le filtre à particules à l'aide des paramètres suivants : température  $T(t)$ , concentrations en oxydants  $[O_2(t)]$ ,  $[NO_x(t)]$ , et masse de particules présente dans le filtre,  $m_c(t-\Delta t)$ ,  
25 obtenue lors du cycle d'opérations précédent à l'instant  $t-\Delta t$ ,

(v) on calcule, à l'instant  $t$ , la masse de particules présente sur le filtre,  $m_c(t)$ , en utilisant la masse de particules  $m_c(t-\Delta t)$  obtenue lors du cycle d'opérations précédent suivant la formule suivante :

$$m_c(t) = m_c(t-\Delta t) + [F(t) - V(t)] * \Delta t,$$

30 où  $\Delta t$  est l'intervalle de temps entre les instants  $t-\Delta t$  et  $t$ ,

(vi) on enregistre la valeur de la masse de particules  $m_c(t)$  présente sur le filtre calculée à l'instant  $t$  pour l'utiliser dans la suite d'opérations suivante à l'instant  $t+\Delta t$ .

35 Dans un autre mode de réalisation, au lieu de relever une ou plusieurs valeurs des paramètres  $[O_2(t)]$ ,  $[NO_x(t)]$ ,  $F(t)$ , on la ou les mesure au moyen de capteurs. Ainsi, dans le cas où les trois valeurs

sont mesurées par des capteurs, les étapes (ii), (iii) peuvent être supprimées.

L'invention concerne également l'utilisation du procédé de détermination en temps réel de la masse de particules selon l'invention, pour contrôler et/ou commander un procédé de gestion de la régénération d'un filtre à particules de véhicule automobile. Le procédé selon l'invention permettant d'obtenir une meilleure évaluation de la masse de particules présente dans le filtre à chaque instant, il est possible d'interdire le déclenchement d'une régénération si la quantité de particules détectées risque de mettre en danger l'intégrité du filtre suite à une élévation trop importante de la température au moment de la combustion.

Dans une variante, le procédé de détermination selon l'invention est utilisé lorsque la température en entrée du filtre est comprise entre 250°C et 500°C environ. En dehors de cette plage de températures, un autre procédé de détermination de la masse peut alors être utilisé, par exemple en utilisant une mesure de perte de charge dans le filtre à particules.

L'invention concerne également l'utilisation du procédé de détermination en temps réel de la masse de particules selon l'invention, dans un procédé de gestion de la régénération d'un filtre à particules de véhicule automobile, pour déterminer une masse de particules seuil pour chaque point de fonctionnement du moteur d'un véhicule, en deçà de laquelle le filtre aura tendance à se charger en particules et au-delà de laquelle la vitesse de combustion des particules dans le filtre aura tendance à augmenter.

L'invention est maintenant décrite en référence aux dessins annexés, non limitatifs, dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un moteur et de sa ligne d'échappement équipée d'un filtre à particules,
- la figure 2 est le tracé de la masse de particules présente dans le filtre calculée selon le procédé de l'invention ( $m_o$ ) et la masse de particules mesurée par pesée ( $m_p$ ) en fonction du temps.

En référence à la figure 1, un moteur 1 est relié à une ligne d'échappement des gaz 2 équipée d'un filtre à particules 3. En amont

du filtre 3, par rapport au sens de circulation des gaz d'échappement, un catalyseur d'oxydation 4 est installé sur la ligne d'échappement pour oxyder le monoxyde d'azote des gaz d'échappement en oxydes d'azote  $\text{NO}_x$ .

5 Un capteur de température 5 est prévu sur la ligne d'échappement, en entrée du filtre à particules 3.

Des capteurs de vitesse du moteur 6 et de la charge du moteur 7 sont prévus au niveau du moteur pour mesurer la vitesse  $N_e$  du moteur (nombre de tours par minute) et la charge  $Q$  du moteur correspondant à l'enfoncement de la pédale d'accélérateur.

Des capteurs de pression 8 et 9 sont placés respectivement en entrée et en sortie du filtre à particules 3.

Les différents capteurs 5 à 9 sont reliés à un calculateur 10 dans lequel des tables, ou cartographies, caractéristiques du moteur sont enregistrées. Ces tables sont pré-établies par des mesures préalables réalisées pour chaque moteur.

Le procédé de détermination de la masse de particules  $m_c(t)$  présente à l'instant  $t$  dans le filtre est maintenant décrit.

20 Ce procédé consiste à répéter à des intervalles de temps  $\Delta t$  déterminés la suite d'opérations décrite ci-après.

(i) Dans une première opération, on mesure, à l'instant  $t$ , la température  $T(t)$  des gaz d'échappement à l'entrée du filtre à particules en utilisant le capteur de température 5. La valeur obtenue est enregistrée dans le calculateur 10.

25 (ii) Sensiblement simultanément, on mesure à l'instant  $t$  les paramètres de fonctionnement du moteur  $N_e$  et  $Q$  au moyen des capteurs 6 et 7. Les valeurs mesurées sont également enregistrées dans le calculateur 10.

30 (iii) Ensuite, le calculateur 10 utilise des tables pré-établies fonctions des valeurs  $N_e$  et  $Q$  pour relever les valeurs des paramètres suivants en utilisant comme entrées les valeurs  $N_e$  et  $Q$  mesurées à l'instant  $t$  : concentration en oxygène  $[O_2(t)]$  et concentration en oxydes d'azote  $[NO_x(t)]$  des gaz d'échappement entrant dans le filtre à particules, et vitesse d'émission de particules du moteur  $F(t)$ . Ces valeurs relevées correspondent aux valeurs à l'instant  $t$  et sont  
35 enregistrées dans le calculateur 10.

Il est toutefois possible de remplacer cette opération de lecture sur des tables par des mesures de capteur placés en entrée du filtre pour mesurer les concentrations en oxygène  $[O_2(t)]$  et en oxydes d'azote  $[NO_x(t)]$  et par une mesure d'un analyseur de particules (également placé en entrée du filtre) pour mesurer la vitesse d'émission de particules du moteur  $F(t)$ . L'étape (ii) peut alors être supprimée.

(iv) Le calculateur 10 procède ensuite au calcul de la vitesse de combustion  $V(t)$ , à l'instant  $t$ , des particules dans le filtre à particules. Comme données d'entrées, le calculateur utilise les paramètres précédemment mesurés ou relevés : température  $T(t)$ , concentrations en oxydes d'azote  $[NO_x(t)]$  et oxygène  $[O_2(t)]$ , ainsi que la masse de particules présente dans le filtre,  $m_c(t-\Delta t)$ , obtenue lors du cycle d'opérations précédent à l'instant  $t-\Delta t$ . A cet effet, le calculateur utilise les lois de cinétique des réactions chimiques de combustion des particules, dont les formules sont pré-enregistrées. Ces lois seront détaillées plus loin.

(v) A l'opération suivante, le calculateur calcule la masse de particules présente sur le filtre à l'instant  $t$ ,  $m_c(t)$ , en utilisant la masse de particules obtenue lors du cycle d'opérations précédent à l'instant  $t-\Delta t$ ,  $m_c(t-\Delta t)$ , suivant la formule suivante :

$$m_c(t) = m_c(t-\Delta t) + [F(t) - V(t)] * \Delta t, \quad (E)$$

où  $\Delta t$  est l'intervalle de temps entre les instants  $t-\Delta t$  et  $t$ .

(vi) La valeur de la masse de particules  $m_c(t)$  présente sur le filtre calculée à l'instant  $t$  est alors enregistrée pour être utilisée comme valeur d'entrée dans la suite d'opérations suivante à l'instant  $t+\Delta t$ , notamment dans les opérations (iv) et (v).

La suite d'opérations décrite ci-dessus est ensuite exécutée à nouveau à l'instant  $t+\Delta t$ .

A l'instant initial  $t_i$ , aucune masse  $m_c(t-\Delta t)$  n'étant disponible, le calculateur utilise alors une masse de particules présente sur le filtre  $m_{pression}(t_i)$  estimée en utilisant de manière classique la perte de charge ou différence de pression  $\Delta P$  à l'instant  $t_i$  entre l'entrée et la sortie du filtre 3. Cette différence de pression est par exemple calculée en utilisant comme valeurs d'entrées les mesures des capteurs de pression 8 et 9.

Il est également possible d'avoir recours à cette masse de particules estimée  $m_{pression}$  à des instants  $t$  ultérieurs du fonctionnement

du moteur, par exemple à des fins de contrôle de la masse calculée  $m_c(t)$  selon le procédé de l'invention.

La masse de particules présente sur le filtre est ainsi corrigée en temps réel en fonction du point de fonctionnement du moteur, ce qui permet d'atteindre une précision nettement supérieure aux procédés connus de détermination de la masse.

Nous allons maintenant décrire les lois de cinétique utilisées par le calculateur selon l'invention.

La réaction de combustion des particules (suies) dans un filtre à particules catalysé (phase active du filtre comprenant un catalyseur), est initiée suivant trois processus différents et complémentaires :

(1) Le premier processus correspond à la combustion des particules par oxydation par les oxydes d'azote  $NO_x$  contenus dans les gaz d'échappement ou formés par réaction du monoxyde d'azote sur des sites platine présents dans la phase active déposée par le filtre. Cette réaction se déroule dans la plage de 250 à 500°C environ.

(2) Le second processus correspond à l'action du catalyseur de la phase active du filtre. Le catalyseur présente un caractère donneur d'oxygène et fournit de l'oxygène pour l'oxydation des particules. Ce processus débute autour de 350°C.

(3) Le troisième processus correspond à la combustion des particules par l'oxygène présent dans les gaz d'échappement. Initié vers 450-500°C, ce processus s'intensifie avec la température et est responsable en particulier de la régénération active du filtre vers 600°C.

Les vitesses de réaction de ces différents processus peuvent être mises en équations cinétiques sous la forme suivante (les vitesses sont exprimées en mg/s) :

Processus (1) :

$$V_{NO_x} = K_1 e^{-Ea1/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a1} \times [NO_x(t)]^b$$

Processus (2) :

$$V_{O_{2catalyseur}} = K_2 e^{-Ea2/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a2} \times [O_{2catalyseur}(t)]^c$$

Processus (3) :

$$V_{O_2} = K_3 e^{-Ea3/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a3} \times [O_2(t)]^d$$

Dans lesquelles :

- $T(t)$  représente la température mesurée en entrée du filtre,
- $m_c(t-\Delta t)$  représente la masse de particules (en grammes) présente sur le filtre à l'instant  $t-\Delta t$  et calculée lors de la suite d'opérations précédemment exécutée,
- $[NO_x(t)]$  représente la concentration en oxydes d'azote (en ppm) dans les gaz d'échappement entrant dans le filtre à l'instant  $t$ ,
- $[O_{2catalyseur}(t)]$  représente la concentration en oxygène (en pourcentage) disponible dans la phase active ("wash coat") à l'instant  $t$ ,
- $[O_2(t)]$  représente la concentration en oxygène (en pourcentage) dans les gaz d'échappement entrant dans le filtre à l'instant  $t$ ,
- $K_1, K_2, K_3$  sont les facteurs pré exponentiels des réactions de combustion des processus (1), (2), (3) respectivement,
- $Ea1, Ea2, Ea3$  sont les énergies d'activation des réactions de combustion des processus (1), (2), (3) respectivement,
- $a1, a2, a3, b, c, d$  sont les ordres partiels des réactions vis à vis de la masse de suie et de l'oxydant ( $NO_x$  ou  $O_2$ ),
- $R$  est la constante des gaz parfaits.

Les paramètres cinétiques  $K_1, K_2, K_3, Ea1, Ea2, Ea3, a1, a2, a3, b, c, d$ , sont déterminés expérimentalement de manière classique.

Dans le cas de la première équation de vitesse :

$$V_{NO_x} = K_1 e^{-Ea1/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a1} \times [NO_x(t)]^b,$$

les valeurs suivantes peuvent être utilisées (pour  $x = 2$ ) :

$$-5000 < Ea1/R < -2000$$

$$0,2 < a1 < 1$$

$$0,2 < b < 2$$

Le facteur pré-exponentiel  $K_1$  varie en fonction de la concentration en dioxyde d'azote :

$$\text{Si } [NO_2(t)] > 90 \text{ ppm : } K_1 = ([NO_2(t)]^2 \times m) - ([NO_2(t) \times n]) + p,$$

$$\text{Où : } 10^{-8} < m < 10^{-6}$$

$$10^{-6} < n < 10^{-4}$$

$$10^{-4} < p < 10^{-2},$$

$$\text{Si } [NO_2(t)] < 90 \text{ ppm : } K_1 = q \text{ où } 10^{-6} < q < 10^{-3}.$$

Dans le cas de la deuxième équation de vitesse :

$$V_{O_{2catalyseur}} = K_2 e^{-Ea2/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a2} \times [O_{2catalyseur}(t)]^c,$$

les valeurs suivantes peuvent être utilisées :

$$-2500 < Ea2/R < -1000$$

$$1 < a2 < 2,5$$

$$0 < c < 1,5$$

5 Le facteur pré-exponentiel  $K_2$  varie en fonction de la température d'entrée dans le filtre ou de la quantité d'oxygène :

$$\text{Si } T(t) > 260^\circ\text{C} : K_2 = ([T(t)]^2 \times j) - ([T(t) \times k]) + l ,$$

$$\text{Où : } 10^{-9} < j < 10^{-7}$$

$$10^{-6} < k < 10^{-4}$$

$$10^{-3} < l < 10^{-2},$$

$$\text{Si } T(t) < 260^\circ\text{C ou } [O_2(t)] < 4,6 \% : K_2 = i \text{ où } 0 < i < 0,2.$$

Dans le cas de la troisième équation de vitesse :

$$V_{O_2} = K_3 e^{-Ea3/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a3} \times [O_2(t)]^d ,$$

15 les valeurs suivantes peuvent être utilisées :

$$-25000 < Ea3/R < -10000$$

$$0,5 < a3 < 2$$

$$0 < d < 1,5$$

$$\text{si } [O_2] < 4,6 \% \quad K_3 = e^g \text{ où } 15 < g < 30.$$

$$20 \quad \text{sinon } K_3 = n \text{ où } 0 < n < 0,2$$

Ces paramètres, ainsi que les formules des vitesses cinétiques, sont enregistrés dans le calculateur 10 et utilisés pour calculer la vitesse de combustion  $V(t)$  des particules dans le filtre. Cette vitesse  $V(t)$  est la somme des vitesses des trois processus :

$$25 \quad V(t) = V_{NO_x} + V_{O_2} + V_{O_2\text{catalyseur}} .$$

On comprendra, que dans ce cas, seules les concentrations  $[NO_x(t)]$  et  $[O_2(t)]$  peuvent être éventuellement mesurées par des capteurs, mais pas  $[O_{2\text{catalyseur}}(t)]$ . L'étape (ii) de mesure des paramètres de fonctionnement du moteur ( $N_e$ ,  $Q$ ) ne peut alors être supprimée.

30 Lorsque le filtre 3 ne comporte pas de catalyseur, alors la réaction de combustion selon le processus (2) ne se produit pas. La vitesse de combustion est alors :

$$V(t) = V_{NO_x} + V_{O_2} .$$

35 La valeur de la vitesse de combustion ainsi calculée peut être utilisée pour le calcul de la masse de particules présente dans le filtre  $m_c(t)$ , en utilisant l'équation (E).

La figure 2 montre la bonne adéquation entre la masse de particules calculée selon le procédé de l'invention ( $m_c$ ) et la masse de particules effectivement présente dans le filtre et déterminée par pesée ( $m_p$ ).

5        La suite d'opérations utilisée pour calculer la masse de particules selon l'invention est exécutée de préférence à des intervalles de temps  $\Delta t$  de l'ordre d'une seconde. Bien entendu, d'autres valeurs peuvent être utilisées.

## REVENDECATIONS

1. Procédé de détermination en temps réel de la masse de particules présente dans un filtre à particules (3) équipant la ligne d'échappement (2) d'un moteur à combustion interne (1), caractérisé en ce que l'on répète à des intervalles de temps  $\Delta t$  déterminés la suite d'opérations suivante :

(i) on mesure à l'instant  $t$  la température  $T(t)$  des gaz d'échappement à l'entrée du filtre à particules (3) en utilisant un capteur de température (5),

(ii) on mesure à l'instant  $t$  des paramètres de fonctionnement du moteur ( $N_e$ ,  $Q$ ) au moyen de capteurs (6, 7),

(iii) on relève à l'instant  $t$ , en fonction des paramètres de fonctionnement du moteur ( $N_e$ ,  $Q$ ), sur des tables pré-établies, les valeurs des paramètres suivants : concentration en oxygène  $[O_2(t)]$  et concentration en oxydes d'azote  $[NO_x(t)]$  des gaz d'échappement entrant dans le filtre à particules, la vitesse d'émission de particules du moteur  $F(t)$ ,

(iv) on calcule, en utilisant les lois de cinétique des réactions chimiques de combustion des particules, à l'instant  $t$ , la vitesse de combustion  $V(t)$  des particules dans le filtre à particules à l'aide des paramètres suivants : température  $T(t)$ , concentrations en oxydants  $[O_2(t)]$ ,  $[NO_x(t)]$ , et masse de particules présente dans le filtre,  $m_c(t-\Delta t)$ , obtenue lors du cycle d'opérations précédent à l'instant  $t-\Delta t$ ,

(v) on calcule, à l'instant  $t$ , la masse de particules présente sur le filtre,  $m_c(t)$ , en utilisant la masse de particules  $m_c(t-\Delta t)$  obtenue lors du cycle d'opérations précédent suivant la formule suivante :

$$m_c(t) = m_c(t-\Delta t) + [F(t) - V(t)] * \Delta t,$$

où  $\Delta t$  est l'intervalle de temps entre les instants  $t-\Delta t$  et  $t$ ,

(vi) on enregistre la valeur de la masse de particules  $m_c(t)$  présente sur le filtre calculée à l'instant  $t$  pour l'utiliser dans la suite d'opérations suivante à l'instant  $t+\Delta t$ .

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, au lieu de relever une ou plusieurs valeurs des paramètres  $[O_2(t)]$ ,  $[NO_x(t)]$ ,  $F(t)$ , sur des tables pré-établies, on la ou les mesure au moyen de capteurs.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, pour le calcul de la vitesse de combustion  $V(t)$ , on considère les réactions de combustion des particules par les oxydes d'azote  $NO_x$  et

par l'oxygène  $O_2$ , la vitesse de combustion étant la somme des vitesses des réactions de combustion des particules par les oxydes d'azote  $V_{NO_x}$  et par l'oxygène  $V_{O_2}$  :

$$V(t) = V_{NO_x} + V_{O_2},$$

5 où :

$$V_{NO_x} = K_1 e^{-Ea1/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a1} \times [NO_x(t)]^b$$

$$V_{O_2} = K_3 e^{-Ea3/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a3} \times [O_2(t)]^d$$

10 où  $T(t)$ ,  $[O_2(t)]$ ,  $[NO_x(t)]$  sont déterminées au cours de l'opération précédente (iii),  $a1$ ,  $a3$ ,  $b$  et  $d$  sont les ordres partiels des réactions de combustion, et  $Ea1$  et  $Ea3$  sont les énergies d'activation des réactions de combustion par les oxydes d'azote et l'oxygène respectivement.

15 4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel le filtre à particules comporte une phase active pour catalyser la combustion des particules, caractérisé en ce que, lors du calcul de la vitesse de combustion, on considère en outre la réaction de combustion des particules par l'oxygène présent dans la phase active du filtre à particules, la vitesse de combustion étant la somme des vitesses des réactions de combustion des particules par les oxydes d'azote  $V_{NO_x}$ , par  
20 l'oxygène  $V_{O_2}$  et par l'oxygène de la phase active  $V_{O_{2catalyseur}}$  :

$$V(t) = V_{NO_x} + V_{O_2} + V_{O_{2catalyseur}}$$

$$\text{où } V_{O_{2catalyseur}} = K_2 e^{-Ea2/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a2} \times [O_{2catalyseur}(t)]^c$$

25 où  $[O_{2catalyseur}(t)]$  est la concentration d'oxygène dans la phase active du filtre relevée sur une table pré-établie lors d'une opération précédente en fonction des paramètres de fonctionnement du moteur ( $Ne$ ,  $Q$ ) à l'instant  $t$ ,  $a2$  et  $c$  sont les ordres partiels et  $Ea2$  l'énergie d'activation de la réaction de combustion par l'oxygène de la phase active.

30 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, à l'instant initial  $t_i$ , la masse de particules présente dans le filtre  $m_c(t - \Delta t)$  utilisée dans les opérations (iv) et (v) est remplacée par une masse de particules présente dans le filtre ( $m_{pression}(t_i)$ ) estimée à partir d'une mesure, à l'instant  $t_i$ , de la perte de charge entre l'entrée et la sortie du filtre.

5 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la masse de particules présente dans le filtre ( $m_{pression}$ ) estimée à partir d'une mesure de la perte de charge entre l'entrée et la sortie du filtre est utilisée dans les opérations (iv) et (v) à un instant  $t$  différent de l'instant initial.

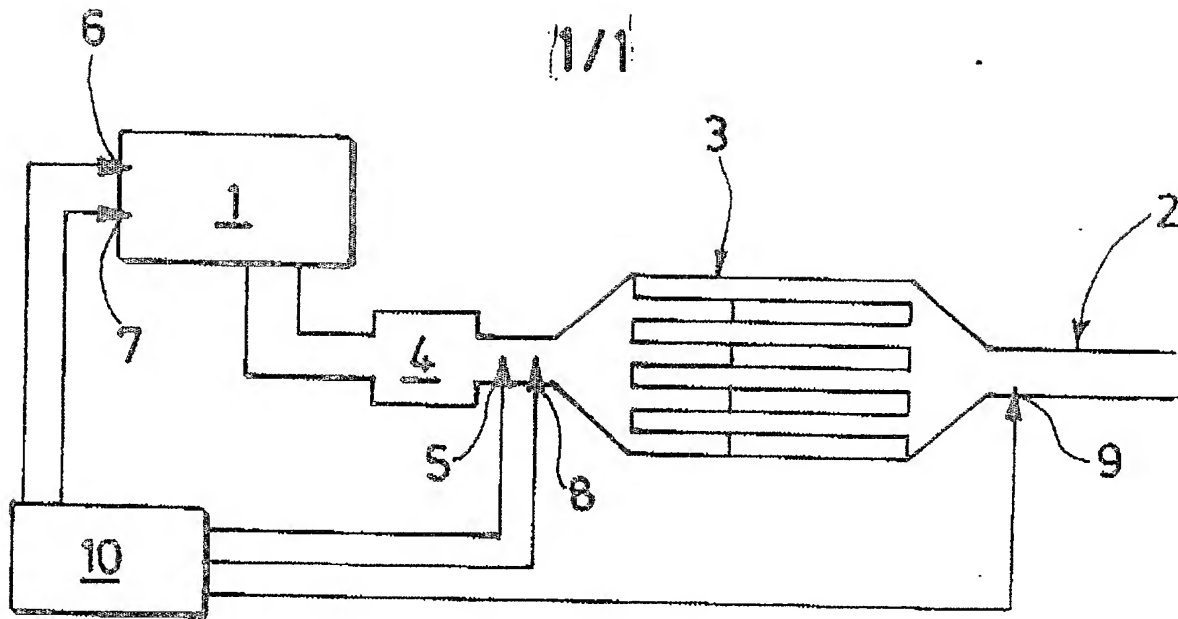
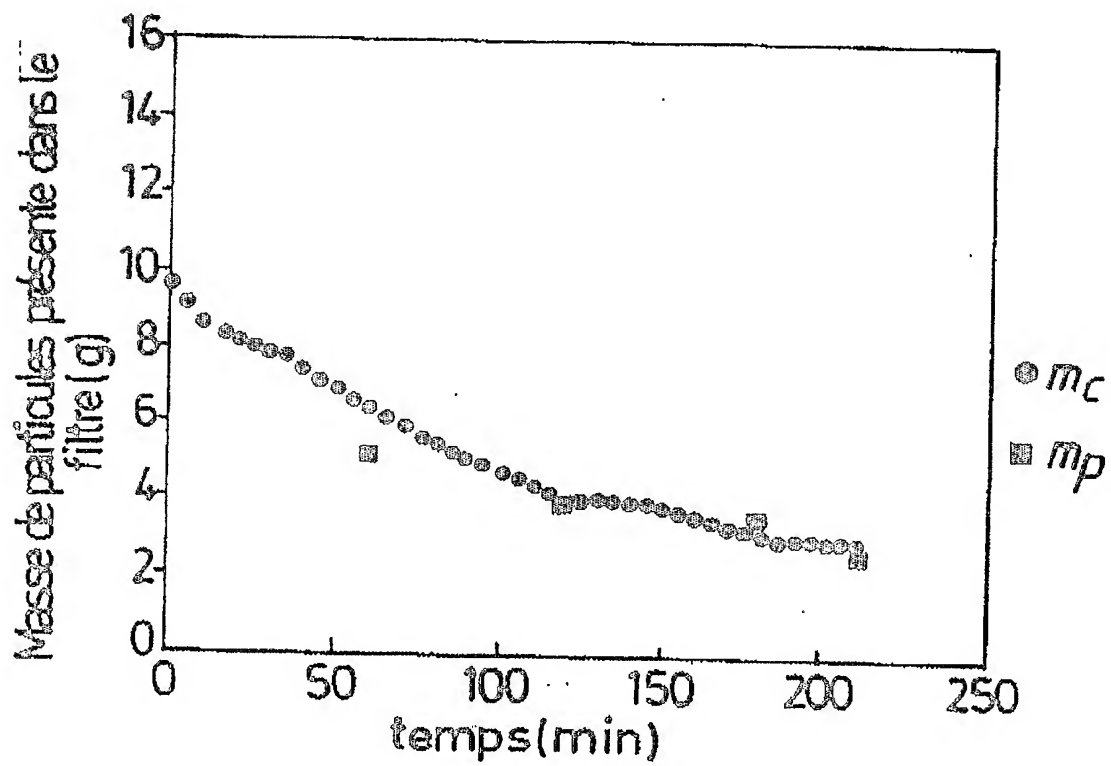
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la mesure des paramètres de fonctionnement du moteur comprend les étapes consistant à :

- 10 - capter la vitesse de rotation du moteur,  $N_e$ , en utilisant un capteur de vitesse (6),  
- capter la charge du moteur,  $Q$ , en utilisant un capteur de charge (7).

15 8. Utilisation du procédé de détermination selon l'une des revendications précédentes, pour contrôler et/ou commander un procédé de gestion de la régénération d'un filtre à particules de véhicule automobile.

9. Utilisation selon la revendication 8, dans laquelle le procédé de détermination est utilisé lorsque la température en entrée du filtre est comprise entre 250°C et 500°C environ.

20 10. Utilisation du procédé de détermination selon l'une des revendications 1 à 7, dans un procédé de gestion de la régénération d'un filtre à particules de véhicule automobile, pour déterminer une masse de particules seuil pour chaque point de fonctionnement du moteur d'un véhicule, en deçà de laquelle le filtre aura tendance à se  
25 charger en particules et au-delà de laquelle la vitesse de combustion des particules dans le filtre aura tendance à augmenter.

FIG.1FIG.2

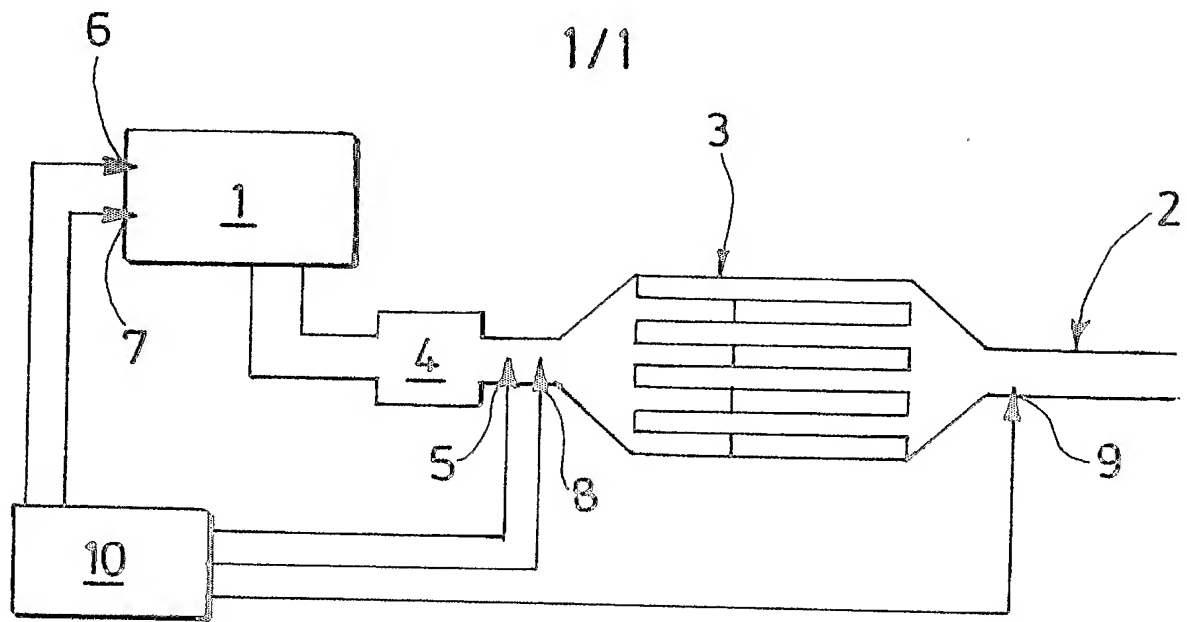


FIG.1

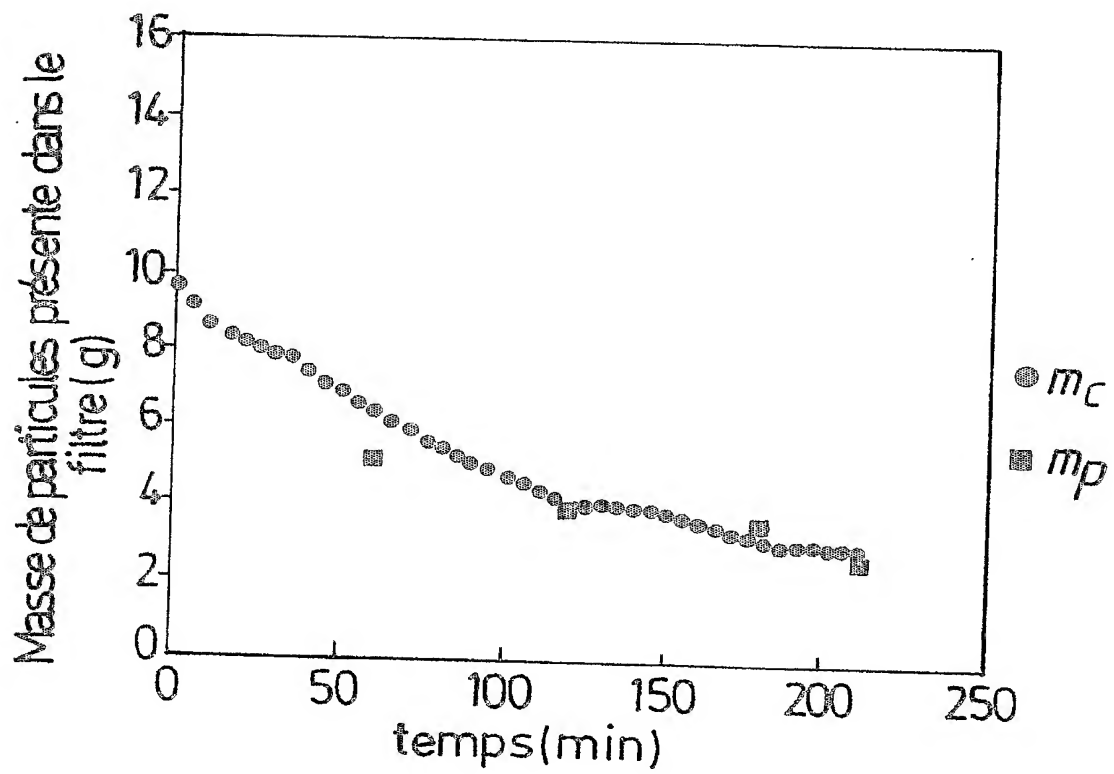


FIG.2



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235\*03

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.. / 1..

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270501

Vos références pour ce dossier (facultatif)		44613/70/BL/CHS	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL			
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
Procédé de détermination en temps réel de la masse de particules présente dans un filtre à particules de véhicule automobile.			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
SOCIETE PAR ACTIONS SIMPLIFIEE : RENAULT SAS 13-15, Quai Le Gallo 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT - FRANCE -			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :			
1	Nom	BERT	
	Prénoms	Christian	
Adresse	Rue	14, Rue des 4 Vents	
	Code postal et ville	9 1 3 6 0   EPINAY SUR ORGE - FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
2	Nom	HODJATI	
	Prénoms	Shahin	
Adresse	Rue	13, Rue de Ridder	
	Code postal et ville	7 5 0 1 4   PARIS - FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
3	Nom		
	Prénoms		
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
LE 23 DECEMBRE 2003		 Jean-Pierre JOLLY C.P.I N° 92.1122	



PCT/FR2004/050694

